

# Grundlegende Untersuchungen zu Schutzmaßnahmen gegen Erdbebenschäden

Tatsuaki Tanaka, Hyoe Tamiya und Yukiko Yoshioka

Verglichen mit Japan sind Katastrophen wie Erdbeben oder Fluten in Europa selten. In den letzten Jahren ist es jedoch auch hier häufiger zu Überschwemmungen gekommen, besonders die Schäden, die die Flut an der Elbe im Sommer 2002 angerichtet hat, waren enorm.

Schwere Schäden durch Erdbeben gibt es in Mitteleuropa kaum, es muss mit ihnen aber gerechnet werden. Deshalb stellen wir hier die Forschung in Japan zum Erdbebenschutz vor.

## 1. Hintergrund und Ziel der Forschung

Das Hanshin-Awaji-Erdbeben (*Bild 1*) mit dem seismischen Zentrum in der Gegend von Awaji, das am 17.1.1995 mit einer Stärke von 7.3 auf der nach oben offenen Richterskala auftrat, führte zu schwersten Schäden in der Gegend von Kobe und Awaji. Aus der Statistik der Feuerwehr geht hervor, daß dabei 6435 Menschen starben oder seitdem vermisst werden, über 40 000 wurden verletzt, mehr als 240 000 Wohnhäuser stürzten ein und über 60 000 brannten aus. Dieses Erdbeben, das direkt unter einer Großstadt mit hochentwickelten Stadtstrukturen entstand, führte gleichzeitig zu schweren sozialen und ökonomischen Schäden.

Diese Folgen zeigten erneut, wie wichtig die bautechnische Sicherheit von Wohnbauten ist, sie haben auch gezeigt, daß die Bewohner selbst die Initiative ergreifen und sich mit geeigneten Maßnahmen auf Schadensereignisse vorbereiten müssen. Im Falle eines starken Bebens kommt die größte und schnellste Hilfe von der eigenen Familie oder der Nachbarschaft, so haben sich in den chaotischen Zuständen des Hanshin-Awaji-Bebens viele Bewohner der Nachbarschaft zusammengetan und Menschen aus Trümmern gerettet, wo Feuerwehr oder Polizei nicht helfen konnten. Bis heute wird jedoch die Erstellung eines Katastrophenschutzsystems als Aufgabe der Spezialisten oder der Regionalpolitik angesehen, die Gemeinden haben dazu Untersuchungen durchgeführt und viele Daten gesammelt. Die sich daraus ergebenden Informationen, wie Gefahrenkarten oder Erdbebengefährdungskarten, können auf den Homepages der Gemeinden oder in den Rathäusern eingesehen werden. Wir haben diese Informationen untersucht und die sich ergebenden Probleme diskutiert.

Prof. Dr. Tatsuaki Tanaka und Master Yukiko Yoshioka, Ochanomizu University, Dept. of Human Environmental Engineering, 2-1-1, Otsuka, Bunkyo-ku, Tokio, Japan (112-8610); Prof. Dr. Hyoe Tamiya, Dept. of Geography, Ochanomizu Univ.

Nach *Maemura et al.* [1] werden in 85% aller Gemeinden den Bewohnern Informationen über die Gefahren durch Erdbeben, Sturm oder Fluten angeboten. All diesen Informationen werden zusätzlich Stadt- bzw. Bezirkskarten hinzugefügt, jedoch sind 80% davon Rasterbilder (mit dem Scanner eingeleseene Karten, die noch nicht entsprechend bearbeitet worden sind) und der Kartenmaßstab ist für den Gesamtbereich der Stadt ausgelegt. Stadt- bzw. Bezirkskarten, die von den Gemeinden bereitgestellt werden, wurden ursprünglich für die Erarbeitung des Schutzplans der ganzen Stadt angefertigt. Es ist deshalb für den einzelnen Bewohner schwer, daraus die individuell notwendigen Informationen zu entnehmen. Hinzu kommt, dass die Einsicht in diese Karten für die Bewohner nicht immer leicht ist oder dass sie zu teuer sind.

In der vorliegenden Arbeit werden Probleme der heute von den Gemeinden angebotenen Informationen aufgezeigt, und es wird angegeben, welche Informationen notwendig sind, damit sich die Bewohner in eigener Verantwortung mit angemessenen Maßnahmen auf Katastrophen vorbereiten können. Es werden auch Vorschläge für eine Darstellung der Informationen im Internet durch das Geographische Informationssystem (GIS) gemacht.

## 2. Die Probleme des jetzigen Systems

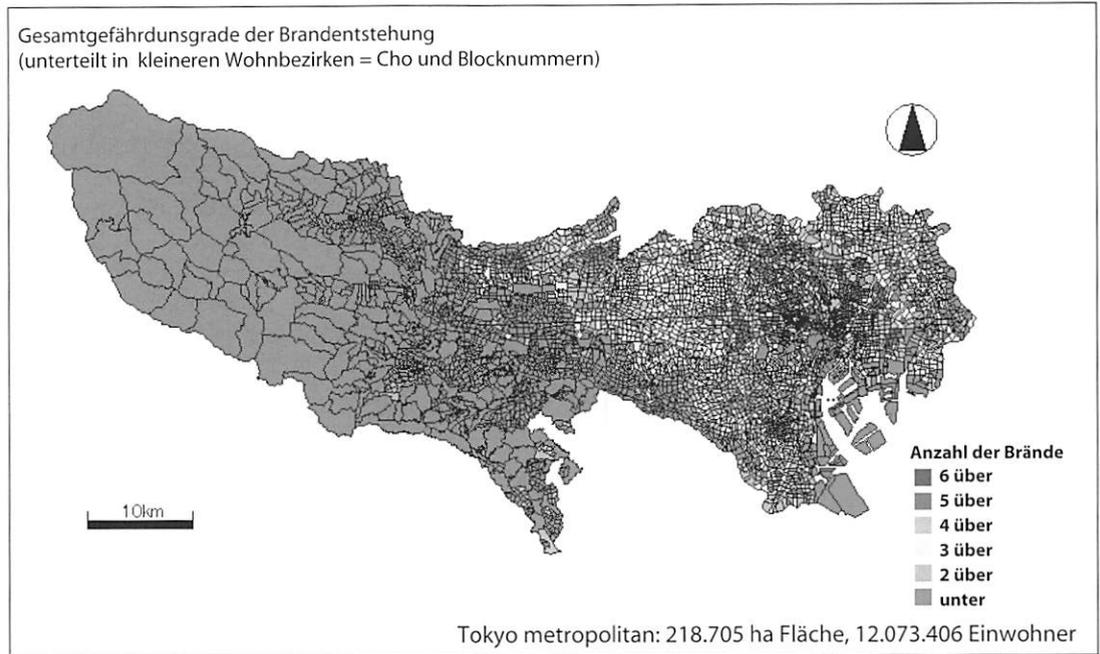
Der Bevölkerung werden heute in über 80% der Gemeinden Informationen über die Gefährdung durch Erdbeben mit Hilfe von Stadtbezirkskarten angeboten, dazu einige Beispiele:

Bei einem angenommenen starken Erdbeben im Gesamtgebiet Kanto oder direkt unter Tokyo wird die Stärke des Erdbebens für dieses Gebiet maschenweise berechnet. Mit diesen Werten kann die Anzahl der menschlichen Opfer,



**Bild 1.** Brand beim Hanshin-Awajierdbeben in Kobe (1995).

**Bild 2.** Gefährdungsgrade der Brandentstehung in Tokyo. Information für ein sicheres Leben (Feuerwehr Tokyo). Tokyo metropolitan, 218 705 ha Fläche, 12.073 406 Einwohner.



können mögliche Gebäudeschäden, Brandschäden und Schwierigkeiten beim Evakuieren ermittelt und auf Stadtkarten eingetragen werden, die maschenweise in 500m<sup>2</sup> Einheiten unterteilt sind. Die Gefährdung der Bauten für Brände in so einem Fall wird in *Bild 2* gezeigt. Da die Karte maschenartig unterteilt ist, sind Daten für kleinere Bereiche schwer oder nicht zu erhalten. Hinzu kommt, dass verschiedene Daten in vier Gruppen zusammengefasst sind, so dass sie zwar übersichtlich, jedoch nicht genügend detailliert sind.

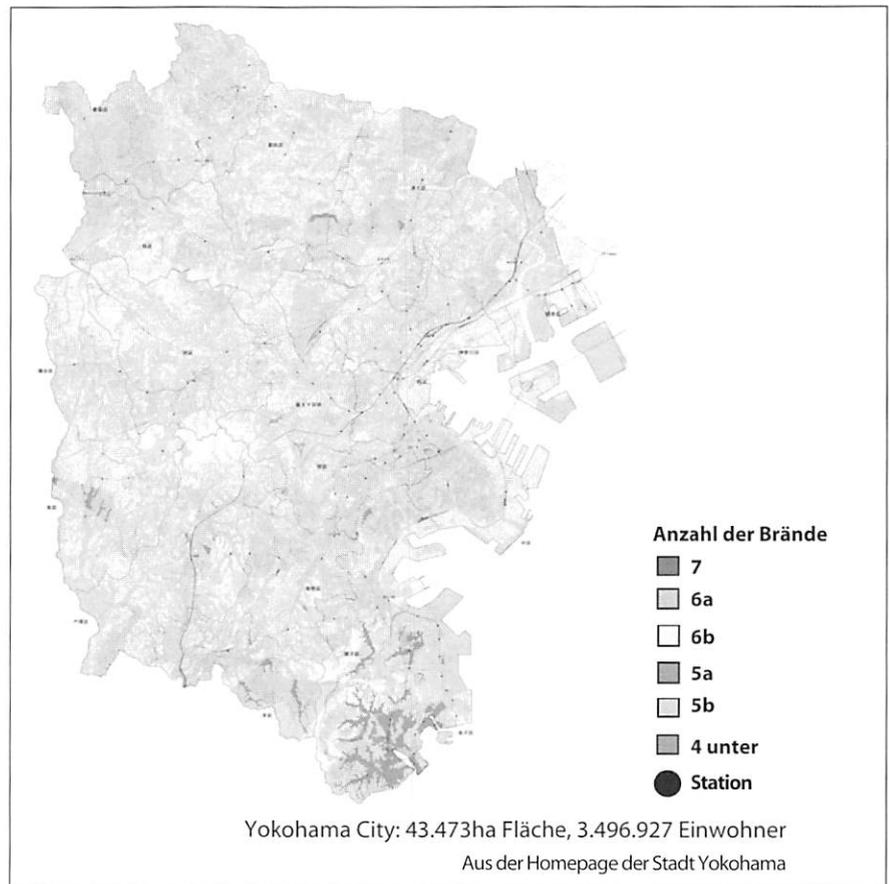
Für den Fall eines Erdbebens im südlichen Kanto-Gebiet um Yokohama wird eine Erdbebenkarte (*Bild 3*) auf der Homepage und im Rathaus angeboten (3), in ihr ist die Stärke des Erdbebens in Stadtbezirkseinheiten dargestellt.

Im „Bericht über grundlegende Untersuchungen zum Katastrophenschutz in Yokohama“ [4] werden in einer Karte die Erdbebengefährdungsgrade der einzelnen Stadtbezirke angegeben, da für die Erstellung eines Katastrophenschutzplans die Berücksichtigung der Stadtbezirkslage und der regionalen Gefährdung unentbehrlich ist. Diese Gefährdungskarte hat folgende Merkmale:

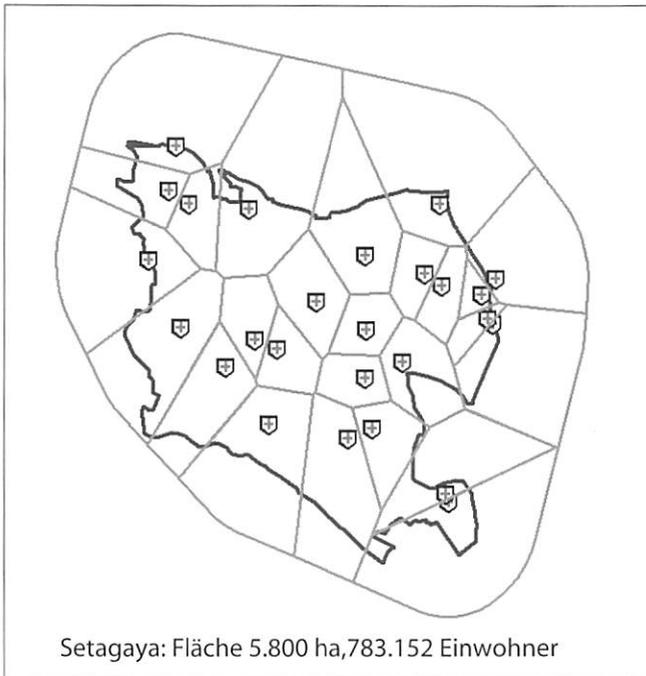
1. Es werden nicht nur Bodenstabilität, Bodenbeschaffenheit oder Gebäude dargestellt, sondern auch Einwohnerdichte, Alterszusammensetzung der Einwohner und die Einrichtungen für den Katastrophenschutz.
2. Mit Hilfe des „Beurteilungssystems der Gefährdungsgrade durch Katastrophen“, das von der Präfektur Kanagawa entwickelt wurde, werden auf dieser Karte die geschätzten

Stärken des Erdbebens, die Möglichkeit von Überschwemmungen, Gebäudeeinsturz, Brandgefahr, die Möglichkeit der Brandausdehnung und der Gefährdung beim Evakuieren angegeben.

3. Die Daten werden nicht nur für den Gesamtbereich der Stadt Yokohama angegeben, sondern genauso für die einzelnen Stadtbezirke.



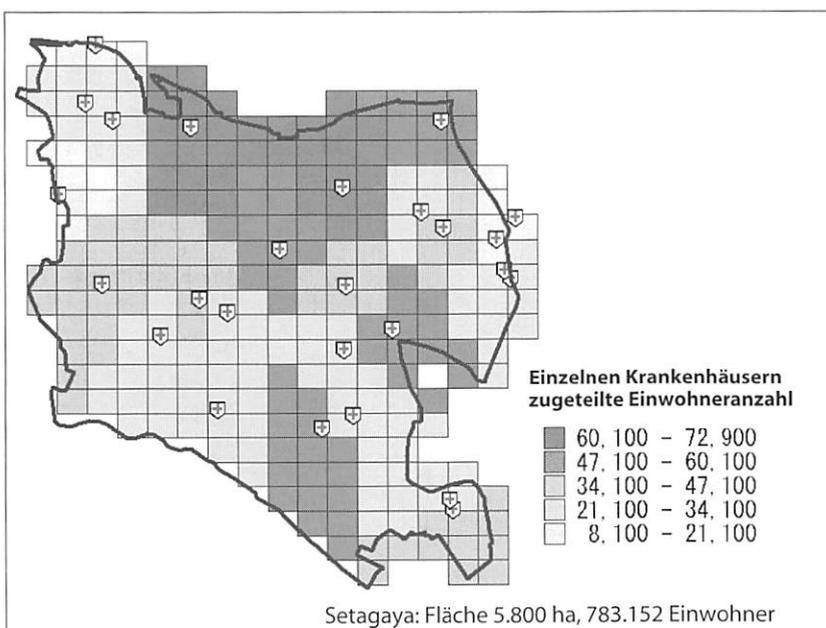
**Bild 3.** Erdbebenkarte der Stadt Yokohama. Aus der Homepage der Stadt Yokohama. Yokohama City, 43 473 ha Fläche, 3 496 927 Einwohner.



**Bild 4.** Nutzergebiete der Krankenhäuser. Setagaya, Fläche 5800 ha, 783 152 Einwohner.

4. Daten wie Einwohnerdichte, Bodennutzung, Anteil der Holz- oder Altbauten werden für das gesamte Gebiet der Stadt Yokohama übersichtlich dargestellt.
5. Auch Einrichtungen wie Krankenhäuser und Feuerwehr werden angegeben, aber es wird lediglich ihre Lage dargestellt, eine Analyse der Gefährdung oder Vorschläge für ein besseres System fehlen.

In der Präfektur Saitama soll durch die Erstellung der Gefahrenkarte das allgemeine Interesse der Bewohner für Katastrophen- bzw. Erdbebenschutz geweckt werden, um weitere Anstrengungen zur Verwirklichung erdbebensicherer Städte und Bezirke zu ermöglichen [5]. Daten wie Bodenstabilität, anzunehmende Stärke des Erdbebens,



**Bild 5.** Analyse der dem einzelnen Krankenhaus zugeteilten Einwohnerzahl. Setagaya, Fläche 5800 ha, 783 152 Einwohner.

Gefahr der Überschwemmung, des Erdbebens, des Gebäudeeinsturzes, der Brandausdehnung und Hilfsdienste durch die Feuerwehr werden für die ganze Präfektur Saitama angegeben. Davon werden Gefährdungsdaten wie Gebäudeeinsturz, Brandausdehnung und Hilfsdienste der Feuerwehr in kleineren Einheiten (Wohnblöcken) dargestellt. Angaben zum Ausmaß des von den Bewohnern selbst organisierten Katastrophenschutzes, zur Wasserversorgung der Feuerwehr stehen in Städte- und Dörfereinheiten zur Verfügung. Diese im allgemeinen übersichtliche Karte wurde mit dem Ziel erstellt, sie an die Präfekturbewohner zu verteilen.

Diese Daten beschränken sich jedoch auf direkte Schäden durch Erdbeben. Eine Abschätzung der Feuerwehroleistung, das Aufzeigen von Problemen und Vorschläge zur Verbesserung fehlen. Der Geltungsbereich der Gefährdungsdaten ist noch zu groß, so dass es für den einzelnen Bewohner schwierig ist, die Gefahr in seinem Wohngebiet exakt zu erfassen.

Auf diese Weise werden von den einzelnen Gemeinden gut konzipierte Karten für den Katastrophenschutz bereitgestellt, die jedoch noch einige Schwächen haben:

Bei der Abschätzung der Gefährdung wird lediglich auf technologische Bedingungen wie Bodenstabilität, Gebäudeaufbau oder Stärke des Erdbebens geachtet. Die Versorgungslage bei sozialen Komponenten wie Krankenhäusern, Parks, Feuerwehr, Fabriken, die in einem engen Zusammenhang zum täglichen Leben der Bewohner stehen, ist nicht berücksichtigt.

Die Karten sind für den Katastrophenschutzplan angefertigt worden und nicht für den individuellen Gebrauch der Bewohner.

### 3. Beurteilung der Versorgungslage mit Einrichtungen zur Betreuung bei Erdbebenschäden

In der vorliegenden Arbeit werden die sich aus der Verteilung der Krankenhäuser und Schutzräume ergebenden Probleme aufgezeigt. Mit dem Geographischen Informationssystem (GIS) wurde eine Analyse für den Wohnbezirk Setagaya gemacht, der unter den 23 Bezirken Tokyos die größte Einwohnerzahl und den größten Anteil an Holzbauten hat. Setagaya liegt 35° nördlicher Breite und 139° östlicher Länge, ist 58,08 km<sup>2</sup> groß, hat 794 560 Einwohner und 26 für die Notambulanz vorgesehene Krankenhäuser.

#### 3.1 Analyse der Verteilung der Krankenhäuser

Im allgemeinen werden bei Bedarf die Einrichtungen genutzt, die der eigenen Wohnung am nächsten liegen, bei Wunden oder Krankheit ist es das nächste Krankenhaus, erst recht bei einer Katastrophe. In einer

Karte kann das Nutzgebiet jedes Krankenhauses durch Linien zwischen den Krankenhäusern voneinander abgegrenzt werden. In der vorliegenden Arbeit wurden die Orte der für die Notambulanz bestimmten Krankenhäuser als Punkte in GIS eingetragen. Um jeden Punkt wurde als Nutzgebiet des Krankenhauses ein Polygon gezeichnet, das den größtmöglichen Bereich einschließt, ohne sich mit anliegenden Bereichen zu überlappen. Diese Nutzgebiete der Krankenhäuser werden in *Bild 4* gezeigt.

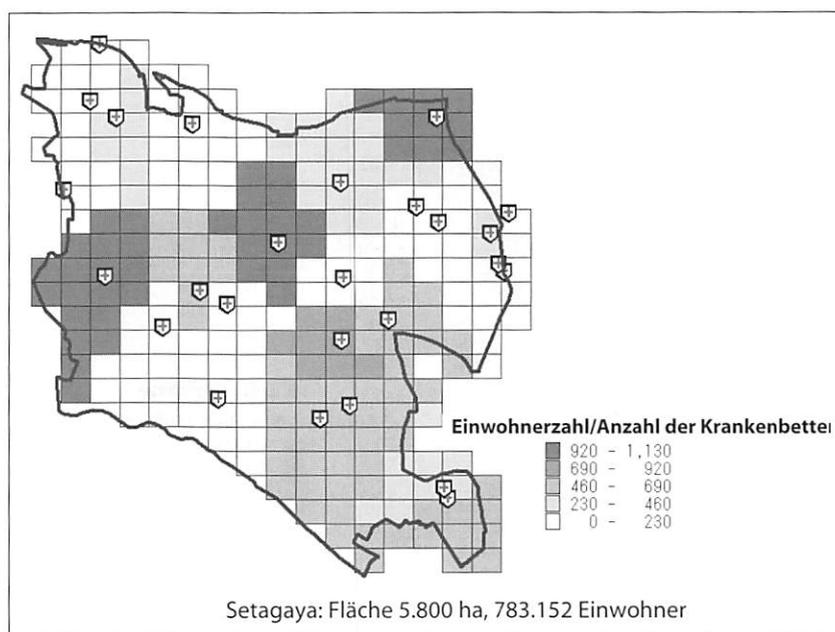
Aus der Gesamteinwohnerzahl im jeweiligen Nutzgebiet wurde die Einwohnerzahl bestimmt, die dem jeweiligen Krankenhaus zugeteilt ist. Indem in jede Masche der Karte die jeweils zugeteilte Anzahl eingetragen wird, kann für jedes Nutzgebiet die Anzahl der Krankenhausbenutzer abgelesen werden. In *Bild 5* ist die Anzahl der Krankenhausbenutzer mit unterschiedlichen Farben dargestellt.

Im nordöstlichen Teil ist die Einwohnerzahl sehr groß, dort liegen aber viele Krankenhäuser, so dass für jedes Krankenhaus die Anzahl der zu betreuenden Personen klein ist. Im nördlichen Teil dagegen liegen bei gleicher Bevölkerungsdichte nur wenige Krankenhäuser, so dass hier jedes Krankenhaus relativ viele Personen zu betreuen hat. Über die Anzahl der Krankenhausbetten jedes Krankenhauses wurde auch die Nutzeranzahl pro Bett errechnet. Das Ergebnis zeigt *Bild 6*. Es gibt drei Nutzgebiete, wo pro Krankentbett die Nutzeranzahl zu groß ist, diese drei Krankenhäuser sind kleine private Krankenhäuser. Die Einwohnerzahl ist hier so groß, dass bei Bedarf nur ungenügend Hilfe geleistet werden kann. Den Bewohnern in diesem Gebiet muss im voraus mitgeteilt werden können, dass es je nach Situation besser sein kann, das nächst nähere Krankenhaus aufzusuchen.

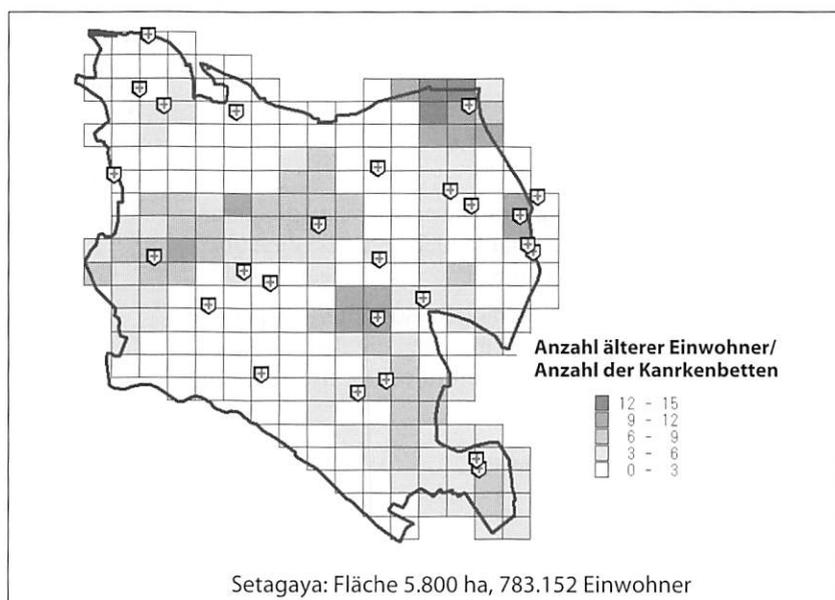
Im Falle einer Katastrophe ist besonders auf ältere Menschen zu achten, da sie eher zu Schaden kommen können als jüngere. Eine spezielle Analyse unter Berücksichtigung älterer Leute zeigt *Bild 7*. Hier ergibt sich, dass die Aufnahmefähigkeit der Krankenhäuser groß genug ist.

### 3.2 Analyse der Verteilung der Schutzräume

Die Analyse wurde mit der gleichen Methode wie in 3.1 gemacht. Wie bei der Errechnung der jedem Krankenhaus zugeteilten Anzahl der Bewohner wurde hier die jedem Schutzraum zugeteilte Bewohneranzahl bestimmt. Diese Zahl wurde durch die von der Stadt Tokyo vorgesehene Anzahl der in diesem Bezirk zu evakuierenden Bewohner dividiert, das Ergebnis wird als Aufnahmefähigkeit



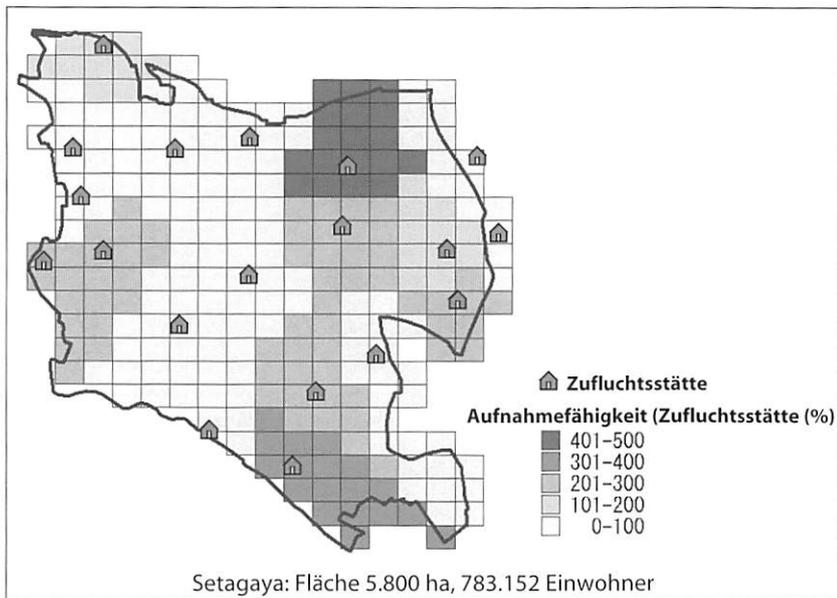
**Bild 6.** Analyse mit Berücksichtigung der Anzahl der Krankentbetten. Setagaya, Fläche 5800 ha, 783 152 Einwohner.



**Bild 7.** Analyse mit Berücksichtigung der Anzahl älterer Leute. Setagaya, Fläche 5800 ha, 783 152 Einwohner.

bezeichnet. Die Aufnahmefähigkeit der einzelnen Schutzräume ist in *Bild 8* dargestellt.

Bei etwa der Hälfte aller Gebiete wird die von der Stadt Tokyo vorgesehene Anzahl der Bewohner, die evakuiert werden müssen, nicht überschritten, so dass die Aufnahmefähigkeit der Zufluchtsstätten nicht voll ausgeschöpft wird. Es gibt aber auch zwei Zufluchtsorte, bei denen die zu evakuierende Anzahl der Personen zugeteilte Anzahl um das drei- bis vierfache übersteigt. Diese Zufluchtsstätten sind klein, so dass nur wenige Leute aufgenommen werden können, obwohl die Einwohnerzahl in diesem Gebiet sehr groß ist. Nach dem Evakuierungsplan von Tokyo ist dieses Gebiet der Größe der Schutzräume angepasst, so dass die Bewohner in anliegenden Gebieten weiter entfernte Schutzräume aufsuchen müssen, dabei ist der



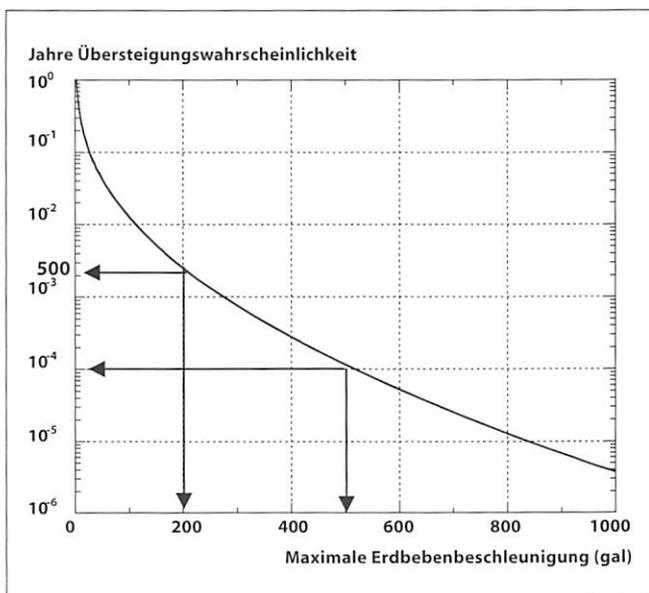
**Bild 8.** Aufnahmevermögen der einzelnen Zufluchtsorte. Setagaya, Fläche 5800 ha, 783 152 Einwohner.

am weitesten entfernte Schutzraum mindestens 6 km vom Wohnort entfernt, so dass hier die Gefahr besteht, dass man auf dem Weg zum Schutzraum zu Schaden kommt.

### 3.3 Zusammenfassung

Obige Analyse ergibt:

1. Die Verteilung der Krankenhäuser ist nicht gleichmäßig, es gibt Gebiete mit Krankenhäusern, die eine übermäßig große Anzahl an Bewohnern versorgen sollen.
2. Wird die Anzahl der Krankenhausbetten zugrunde gelegt, gibt es drei Gebiete, in denen die dem Krankenhaus zugeteilte Bewohneranzahl die Anzahl der Betten



**Bild 9.** Erdbebengefährdungskurve. Eine Erdbebengefährdungskurve zeigt die Wahrscheinlichkeit der Entstehung eines Erdbebens an einem Ort in einem beliebigen Zeitraum, basierend auf Daten über Erdbeben in der Vergangenheit und Fault Zonen. Mit der Kurve hier wird gezeigt, dass einmal in 500 Jahren ein Erdbeben von über 200 gal und einmal in 10000 Jahren ein Erdbeben von über 500 gal entstehen kann.

erheblich übersteigt. Für Bewohner dieser Gebiete kann es besser sein, das zweitnächste Krankenhaus aufzusuchen.

3. Für ältere Menschen gibt es in fast jedem Krankenhaus genügend Betten.
4. Die Schutzräume sind teilweise zu klein, so dass Bewohner zu weit entfernten Zufluchtstätten gehen müssen.
5. Da Krankenhäuser oder Schutzräume nicht verlegt bzw. nur langfristig verändert werden können, sind von den Bewohnern aus den Gefährdungsgraden ihrer Wohnbezirke im voraus Überlegungen zum Verhalten im Katastrophenfall anzustellen, damit sofort die effizientesten Maßnahmen ergriffen werden können.

## 4. Informationsangebot der Gemeinde

### 4.1 Übersichtliche Informationen mit GIS

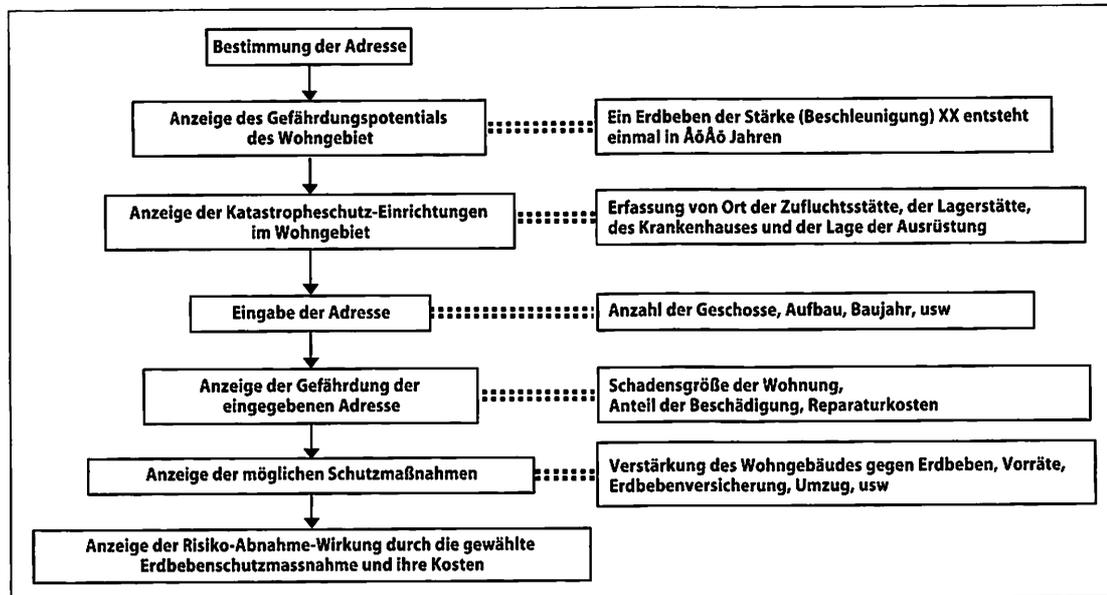
Die Gefährdung durch ein Erdbeben wird angegeben als Verhältnis der Erdbebenstärke (Beschleunigung, Schnelligkeit etc.) zur Wahrscheinlichkeit, dass diese Stärke überschritten wird (Überschreitungswahrscheinlichkeit). Diese Werte werden in einer Erdbebengefährdungskurve veranschaulicht (*Bild 9*). Beispielhaft für einen bestimmten Ort ist dieser Kurve zu entnehmen, daß einmal in 500 Jahren ein Erdbeben mit der Beschleunigung von 200 Gal auftreten kann und einmal in 10000 Jahren ein Erdbeben mit der Beschleunigung von 500 Gal. Mit Hilfe solcher Kurven können die Katastrophenschäden eines Wohngebäudes sowie der Umgebung im voraus ermittelt werden.

Wie *Bild 2* zeigt, können die Bewohner eines Bezirks in einer Karte, die das ganze Gebiet der Gemeinde umfasst, nur sehr ungenau ihren Wohnort bestimmen und die Gefährdung einschätzen - um wirkungsvolle Schutzmaßnahmen für den Katastrophenfall zu treffen, genügt das nicht. Die Gemeinde sollte es daher Bewohnern ermöglichen, durch Eingabe ihrer Adresse oder der Konstruktion ihres Wohngebäudes ausführliche Angaben zur Gefährdung ihres Wohngebiets oder Wohngebäudes zu erhalten.

In *Bild 10* wird ein Flußdiagramm zur Gefahrenerfassung vorgestellt. Mit diesem Flußdiagramm kann die Gefährdung durch ein angenommenes Erdbeben eingeschätzt werden. Wird die Adresse eingegeben, kann der Gefährdungsgrad dieses Ortes quantitativ abgeschätzt werden, wird auch die Konstruktion eines Gebäudes eingegeben, können mit Hilfe des aus der Erdbebengefährdungskurve bestimmten Beschleunigungsgrades die Erdbebenschäden dieses Gebäudes abgeschätzt werden

### 4.2 Erstellung eines Verteilers der regionalen Gefährdungsgrade

Den Gemeinden wird der Verteiler der regionalen Gefährdungsgrade als eine Methode empfohlen, den Bewohnern



**Bild 10.** Flussdiagramm der Gefahren-erfassung für die Bewohner.

ausführlich individuell benötigte Daten oder Informationen über die zur Verfügung stehenden Einrichtungen zur Betreuung bei Katastrophenschäden anzubieten.

Jede Gemeinde sammelt Daten der jeweils übergeordneten Präfektur über die abgeschätzten Katastrophenschäden, diesen Daten werden Informationen über Schutzräume und andere Katastrophenschutzeinrichtungen der jeweiligen Gemeinde hinzugefügt und den Bewohnern angeboten. Wenn so ein System über das Internet für jeden Bewohner zugänglich gemacht wird, kann er die individuell nötigen Informationen herausnehmen. Bewohner ohne häuslichen Computer, können die Informationen auch in Rathäusern, Gemeindezentren oder Katastrophenschutz-zentren erhalten.

## 5. Zusammenfassung

Seit dem Hanshin-Awaji-Erdbeben haben die Gemeinden zur Verbesserung des Katastrophenschutzes verschiedenartige Katastrophenschutzkarten angefertigt. Seit kurzem werden solche Karten in Rathäusern oder auf Homepages veröffentlicht. Diese Karten wurden mit dem Ziel angefertigt, der jeweiligen Gemeinde Informationen über das gesamte Gebiet zu geben, für das sie zuständig ist, jedoch nicht für individuelle Zwecke der Bewohner. Es gibt nur wenige Karten, die ausführliche Daten über Krankenhäuser oder Schutzräume enthalten und auf die die Bewohner bei Katastrophen zuerst angewiesen sind. Aus den vorhandenen Karten können die Bewohner die wichtigsten Informationen über ihr Wohngebäude und dessen Umgebung nicht erhalten.

Es ist vordringliche Aufgabe jeder Gemeinde, übersichtliche Karten zu erstellen und der Öffentlichkeit anzubieten, damit ein Bewohner auf den ersten Blick den Gefährdungsgrad eines bestimmten Ortes oder Gebäudes erken-

nen kann. Solche Informationen sind insofern nützlich, als die Bewohner angeregt werden, sich ernsthaft Gedanken zum Katastrophenschutz zu machen und in eigener Verantwortung die nötigen Maßnahmen ergreifen, unter anderem bei Bedarf auch ihre Wohnung gegen Erdbebenschäden versichern können.

## Literatur

- [1] T. Maemura, Akiyoshi Kawasaki, Satoshi Sadohara: Untersuchung zur Form der Informationsveröffentlichung beim Katastrophenschutz durch die Gemeinde (1. Teil) – Diskussion über Informationsmitteilung durch Web GIS und Untersuchung des Bewohnerbewußtseins. Sammlung wissenschaftlicher Vorträge der Konferenz des Architektenvereins Japan Heft F-1, S. 505, 506.
- [2] Homepage der Stadt Tokyo <http://www.metro.tokyo.jp/index.htm>
- [3] Abteilung Katastrophenschutz des Amtes für allgemeine Angelegenheiten der Stadt Yokohama. Institut für Katastrophenschutz einer Großstadt (1993): Bericht über die Grundlagenforschung zum Katastrophenschutz in Yokohama.
- [4] Homepage von Setagaya <http://www.city.setagaya.tokyo.jp/>
- [5] Hitoshi Suwa, Arihide Nobata, Matsutaro Seki: Practical Seismic Risk Assessment of Existing Building by Using Damaged Database of 1995 Hyogoken nanbu earthquake, aij Journal of technology and design No. 12, p41–46, 2001.1.
- [6] Yutaka Shikawa, Masatoshi Takeda, Toshihiro Okumura, Yasuhiro Hayashi, Shuji Kakegawa: Procedures for Seismic Risk Evaluation of Building, aij Journal of Technology and design No.11, p275–278, 2000.12.
- [7] Hitoshi Taniguchi, Hidehiko Kanegae: Long-term Effect of Socio-economic Impact due to Earthquake Disaster, Proceedings of the Fourth Japan Conference on Structural Safety and Reliability, p237-244.
- [8] Johnston C. A.: Geographic Information System in Ecology. Blackwell Science, 239 pp, 1998.
- [9] Antenucci, J. C., Brown, K., Crosswell, P. L. and Kevany, M. J. (1991): Geographic Information Systems: A Guide to the Technology. Van Nostrand.